

Method of operating a radial compressor set with intake and discharge flow control

Patent Number: [US6193470](#)

Publication date: 2001-02-27

Inventor(s): AURBECK STEFAN (DE)

Applicant(s): ATLAS COPCO ENERGAS (US)

Requested Patent: [DE19801041](#)

Application Number: US19980221253 19981228

Priority Number(s): DE19981001041 19980114

IPC Classification: F04B19/24; F04B49/00

EC Classification: [F04D27/02L](#)

Equivalents:

Abstract

A method of operating a radial compressor wherein the output pressure and the throughput {dot over (m)} through a radial compressor are measured and the working point A in the operational characteristic diagram of the compressor is determined. For predetermined settings of the discharge flow control, the pump limits of the intake flow control characteristic fields are calculated in the operational characteristic diagram of the compressor. When the discharge flow control is so set that the working point falls in a working range associated with one of the pump limits and whose boundaries in the compressor operational characteristic diagram is spaced by a predetermined minimum spacing and a predetermined maximum spacing from the pump limit. When the working point A varies within this working range, only the intake flow control is adjusted. When the working point leaves the range, the discharge flow control is also adjusted.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



**(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**
⑩ DE 198 01 041 C 1

⑤ Int. Cl.⁶:
F 04 D 27/00
F 04 D 27/02
F 04 D 25/00

(21) Aktenzeichen: 198 01 041-9-51
(22) Anmeldetag: 14. 1. 98
(43) Offenlegungstag: -
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 5. 8. 99

Innenhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦ Patentinhaber:
Atlas Copco Energas GmbH, 50999 Köln, DE

⑦4 Vertreter:
Honke und Kollegen, 45127 Essen

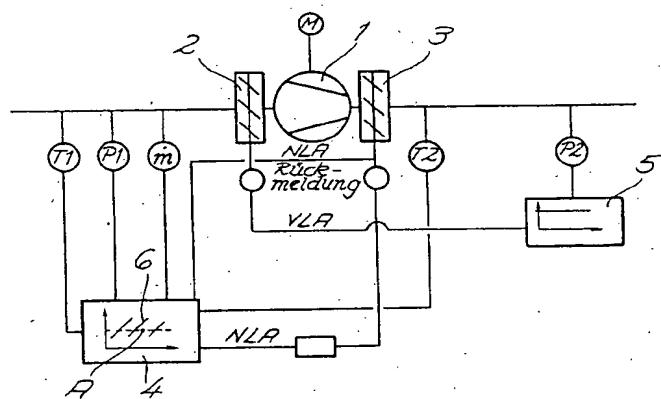
⑦2 Erfinder:

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 19506790 A1
EP 0761981 A2

54 Verfahren zum Betrieb eines Radialverdichters mit verstellbaren Vorleit- und Nachleitapparaten bei Änderungen des Arbeitspunktes im Verdichterkennfeld

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Radialverdichters mit verstellbaren Vorleit- und Nachleitapparaten bei Änderungen des Arbeitspunktes im Verdichterkennfeld. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden der Austrittsdruck P1 und der Durchsatz m durch den Radialverdichter 2 gemessen sowie der Arbeitspunkt A im Verdichterkennfeld bestimmt. Für vorgegebene Stellungen NLA des Nachleitapparates 3 wird die Pumpgrenze 6 des Vorleitapparatekennfeldes im Verdichterkennfeld berechnet. Danach wird der Nachleitapparat 3 so eingestellt, daß der Arbeitspunkt A in einen der Pumpgrenze zugeordneten Arbeitsbereich fällt, dessen Grenzen im Verdichterkennfeld durch einen vorgegebenen Mindestabstand sowie einen vorgegebenen Maximalabstand zur Pumpgrenze 6 definiert sind. Wenn der Arbeitspunkt A sich innerhalb des Arbeitsbereiches verändert, wird lediglich der Vorleitapparat 2 verstellt. Wenn der Arbeitspunkt A den zu der Nachleitapparatestellung NLA gehörenden Arbeitsbereich verläßt, wird zusätzlich der Nachleitapparat 3 nachgestellt. Dabei wird die Verstellung des Nachleitapparates 3 in vorgebenen Schritten so vorgenommen, bis der zu der Pumpgrenze der neuen Nachleitapparatestellung gehörende Arbeitsbereich den Arbeitspunkt erfaßt.



DE 19801041 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Radialverdichters mit verstellbaren Vorleit- und Nachleitapparaten bei Änderungen des Arbeitspunktes im Verdichterkennfeld.

Radialverdichter für den industriellen Einsatz sollen einen breiten Durchsatzregelbereich bei gütigem Wirkungsgrad unter verschiedenen Ansaugbedingungen aufweisen. Mit veränderlichem Durchsatz werden beispielsweise Radialverdichter betrieben, die Belüftungseinrichtungen in Kläranlagen mit Luft versorgen. Die Luft wird im Klärbecken bodenseitig eingeblasen. Der Druck, auf den der Luftstrom verdichtet werden muß, ist abhängig vom Wasserstand der Klärbecken. Ferner unterliegt die Ansaugtemperatur im Laufe eines Tages erheblichen Schwankungen. Hinzu kommen saisonale Einflüsse. Infolgedessen ist der Arbeitspunkt eines Radialverdichters laufenden Änderungen ausgesetzt. Ferner sind industrielle Anwendungen für Radialverdichter bekannt, bei denen der Saugdruck erheblichen Schwankungen unterliegt.

Als Regelorgane werden Vorleitapparate mit einstellbaren Vorleitschaufeln, Nachleitapparate mit einstellbaren Nachleitschaufeln und Antriebe mit variabler Drehzahl eingesetzt. Einstellungen am Nachleitapparat werden vorgenommen, wenn der Verdichter bei im wesentlichen konstanter isentroper Verdichterarbeit einen breiten Durchsatzregelbereich abdecken muß. Eine Steuerung des Vorleitapparates empfiehlt sich, wenn sich die Druckverhältnisse und/oder Eintrittstemperaturen erheblich ändern. Weder die Steuerung des Vorleitapparates noch die Steuerung des Nachleitapparates alleine ermöglicht einen leistungsoptimierten Betrieb des Verdichters.

Wird die Steuerung des Nachleitapparates mit der Steuerung des Vorleitapparates kombiniert, so ergibt sich eine nahezu unbegrenzte Zahl von Kombinationsmöglichkeiten für die Winkelstellungen der Vorleitschaufeln und die Winkelstellungen der Nachleitschaufeln, um einen vorgegebenen Volumenstrom zu verdichten sowie eine vorgegebene Verdichterarbeit zu leisten. Das technische Problem besteht darin, diejenige Kombination der Schaufelstellungen einzustellen, die einem möglichst kleinen Leistungsbedarf bzw. einem möglichst großen Wirkungsgrad des Verdichters entspricht.

Bei einem aus DE-A 195 06 790 bekannten Verfahren zum wirkungsgradoptimierten Betreiben eines Radialverdichters werden Eintrittstemperatur, Eintrittsdruck, Austrittstemperatur, Austrittsdruck sowie der Durchsatz durch den Radialverdichter gemessen und werden dem Arbeitspunkt durch Rechenverfahren Stellwerte sowohl für den Vorleitapparat als auch den Nachleitapparat zugeordnet. Die Zuordnung erfolgt mittels eines in einem Rechner abgespeicherten Verdichterkennfeldes, welches ein Netz aus wirkungsgradoptimierten Kennlinienpunkten enthält. Die Kennlinienpunkte sind in Versuchsreihen am Originalverdichter oder an Modellen ermittelt worden. Zu jedem Kennlinienpunkt müssen mehrere Versuche durchgeführt werden, wobei die Stellungen des Vorleit- und Nachleitapparates systematisch variiert werden und der jeweilige Wirkungsgrad der Maschine ermittelt wird. Diejenige Kombination, bei der der Wirkungsgrad des Radialverdichters maximal ist, wird als optimierter Kennlinienpunkt in das Kennfeld eingetragen. Die Erstellung des Kennfeldes, das für jeden Radialverdichter neu bestimmt werden muß, ist aufwendig. Auch die Auswertung des Kennfeldes erfordert aufwendige rechnerische Interpolationsverfahren, um dem jeweiligen, durch den Volumenstrom und die Verdichterarbeit vorgegebenen Arbeitspunkt des Radialverdichters die gesuchte

Stellgrößenkombination zuzuordnen. Für die Praxis ist das bekannte Verfahren zu aufwendig.

Bei einem aus EP 0 761 981 A2 bekanntes Verfahren zum Betrieb eines Radialverdichters mit verstellbaren Vorleit- und Nachleitapparaten hat die Verstellung des Vorleitapparates Vorrang. Wenn die Verstellung des Vorleitapparates nicht ausreicht, um einen stabilen Betrieb des Radialverdichters zu gewährleisten, wird zusätzlich der Nachleitapparat verstellt. Der Betrieb in einem optimalen Wirkungsgrad über einen großen Regelbereich ist bei dem bekannten Verfahren nicht immer gewährleistet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, welches sich einfach realisieren läßt und den Betrieb eines Radialverdichters mit hohem Wirkungsgrad über einen großen Regelbereich ermöglicht.

Gegenstand der Erfindung und Lösung dieser Aufgabe ist ein Verfahren zum Betrieb eines Radialverdichters mit verstellbaren Vorleit- und Nachleitapparaten bei Änderungen des Arbeitspunktes im Verdichterkennfeld, bei dem

20 der Austrittsdruck und der Durchsatz durch den Radialverdichter gemessen und der Arbeitspunkt im Verdichterkennfeld bestimmt wird,

für vorgegebene Stellungen des Nachleitapparates die Pumpgrenze des Vorleitapparatkennfeldes im Verdichterkennfeld berechnet wird,

25 der Nachleitapparat so eingestellt wird, daß der Arbeitspunkt in einen der Pumpgrenze zugeordneten Arbeitsbereich fällt, dessen Grenzen im Verdichterkennfeld durch einen vorgegebenen Mindestabstand sowie einen vorgegebenen Maximalabstand zur Pumpgrenze definiert sind,

30 lediglich der Vorleitapparat verstellt wird, wenn der Arbeitspunkt sich innerhalb des Arbeitsbereiches verändert und zusätzlich der Nachleitapparat nachgestellt wird, wenn der Arbeitspunkt den zu der Nachleitapparatestellung gehörenden Arbeitsbereich verläßt,

35 wobei die Verstellung des Nachleitapparates in vorgegebenen Schritten vorgenommen wird, bis der zu der Pumpgrenze der neuen Nachleitapparatestellung gehörende Arbeitsbereich den Arbeitspunkt erfaßt. Vorzugsweise wird der Vorleitapparat in einen Regelkreis eingebunden, wobei gemäß einer ersten Ausführung der Erfindung der Austrittsdruck als Regelgröße mit einem Sollwert verglichen wird und bei einer Abweichung des Austrittsdruckes von dem Sollwert die Stellung des Vorleitapparates als Stellglied des Regelkreises verändert wird. Diese Ausführung der Erfindung bietet sich an, wenn der Radialverdichter bei variablen Durchsatz so betrieben wird, daß der Enddruck stets konstant ist. Eine andere Ausführung der Erfindung sieht vor, daß der Durchsatz als Regelgröße mit einem Sollwert verglichen wird und bei einer Abweichung des Durchsatzes von dem Sollwert die Stellung des Vorleitapparates als Stellglied des Regelkreises verändert wird. Bei dieser Ausführung wird der Durchsatz durch den Radialverdichter abhängig vom Sollwert konstant geregelt und die isentrope Verdichterarbeit ist eine variable Größe. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird der Nachleitapparat stets so nachgestellt, daß der Arbeitspunkt über den gesamten Regelbereich des Radialverdichters einen definierten minimalen bzw. maximalen Abstand zu der jeweiligen Pumpgrenze nicht verletzt.

Das gewährleistet bei kleinem Regelaufwand die Kombination von Vor- und Nachleitapparatestellungen, die der thermodynamisch optimalen Kombination sehr nahe kommt. Das erfindungsgemäße Verfahren ist mit geringem regeltechnischen Aufwand realisierbar und unterliegt nicht mehr Beschränkungen der im Stand der Technik bekannten Kombi-Regelung von Vor- und Nachleitapparaten.

In weiterer Ausgestaltung lehrt die Erfindung, daß die

Eintrittstemperatur und der Eintrittsdruck auf der Saugseite des Radialverdichters gemessen werden und die den Nachleitapparatestellungen zugeordneten Pumpgrenzen im Verdichterkennfeld unter Berücksichtigung der Meßwerte für die Eintrittstemperatur und den Eintrittsdruck rechnerisch angepaßt werden. Die Anpassung erfolgt mit den bekannten thermodynamischen Gleichungen für isentrope oder polytrope Zustandsänderungen.

Die Festlegung der den Stellungen des Nachleitapparates zugeordneten Pumpgrenzen im Verdichterkennfeld ist nach dem folgenden Verfahren auf besonders einfache Weise möglich. Zunächst werden die Pumpgrenzen der Vorleitapparatkennfelder für die beiden Extremstellungen des Nachleitapparates ermittelt. Extremstellungen meint die kleinste Winkelstellung (MINNLA) und die größte Winkelstellung (MAXNLA).

Die Pumpgrenzen für die Extremstellungen des Nachleitapparates werden zweckmäßig unter normierten Bedingungen des Ansaugzustandes durch einen Versuchsbetrieb des Radialverdichters ermittelt, wobei in den Versuchsreihen das Vorleitapparatkennfeld von der größten Winkelstellung des Vorleitapparates bis zur kleinsten Winkelstellung des Vorleitapparates durchfahren wird. Die Koordinaten der Anfangspunkte $P1_{MAXNLA}$, $P1_{MINNLA}$ für die größte Winkelstellung des Vorleitapparates sowie die Koordinaten der Endpunkte $P2_{MAXNLA}$, $P2_{MINNLA}$ für die kleinste Winkelstellung des Vorleitapparates werden bestimmt. Ausgehend von den aufgenommenen Werten werden die Pumpgrenzen für die Zwischenstellungen des Nachleitapparates rechnerisch dadurch festgelegt, daß die Strecken zwischen den Anfangspunkten $P1_{MAXNLA}$, $P1_{MINNLA}$ und den Endpunkten $P2_{MAXNLA}$, $P2_{MINNLA}$ in Streckenabschnitte unterteilt werden, die den Zwischenstellungen des Nachleitapparates zugeordnet sind sowie die Anfangs- und Endpunkte $P1$, $P2$ der den Nachleitapparatestellungen zugeordneten Pumpgrenzen definieren und daß die Pumpgrenzen jeweils durch eine den Anfangs- und Endpunkt verbindende mathematische Funktion im Verdichterkennfeld festgelegt wird.

Zweckmäßig werden die Pumpgrenzen durch Geradengleichungen im Verdichterkennfeld beschrieben.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein stark vereinfachtes Anlagenschema zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 ein Verdichterkennfeld,

Fig. 3 einen Ausschnitt aus dem Verdichterkennfeld in der Nähe des Arbeitspunktes,

Fig. 4 eine vergleichende Darstellung des erfundungsgemäßen Verfahrens mit einem Verfahren nach dem Stand der Technik im Verdichterkennfeld.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Radialverdichters bei Änderungen des Arbeitspunktes im Verdichterkennfeld. Dem Anlagenschema in **Fig. 1** entnimmt man, daß der Radialverdichter 1 einen Vorleitapparat 2 mit elektromotorisch oder pneumatisch verstellbaren Vorleitschaufeln sowie einen Nachleitapparat 3 mit elektromotorisch oder pneumatisch verstellbaren Nachleitschaufeln aufweist. Eintrittstemperatur T1, Austrittstemperatur T2, Eintrittsdruck P1, Austrittsdruck P2 sowie der Durchsatz durch den Radialverdichter, im Ausführungsbeispiel in Form eines Massenstroms m, werden gemessen. An Stelle des Massenstroms kann selbstverständlich auch der Ansaugvolumenstrom gemessen werden. Die Meßwerte T1, T2, P1, P2 und m werden einem Rechner 4 zugeführt, der Kennfeldberechnungen durchführt. Der Rechner 4 erhält eine Rückmeldung der Nachleitapparatestellung NLA und steuert den

Stellantrieb des Nachleitapparates 3. Der Vorleitapparat ist mit dem Druckmeßgeber P2 in einen Regelkreis 5 eingebunden. Der Austrittsdruck P2 wird als Regelgröße mit einem Sollwert $P2_{soll}$ verglichen. Bei einer Abweichung des Austrittsdrucks von dem Sollwert wird die Stellung VLA des Vorleitapparates 2 als Stellglied des Regelkreises verändert.

Das Verfahren zum Betrieb des Radialverdichters wird im folgenden anhand der **Fig. 1** und **3** erläutert. Der Austrittsdruck P2 und der Durchsatz m durch den Radialverdichter 1 werden gemessen und der Arbeitspunkt A im Verdichterkennfeld bestimmt. Für vorgegebene Stellungen NLA des Nachleitapparates 3 wird die Pumpgrenze 6 des Vorleitapparatkennfeldes 7 im Verdichterkennfeld berechnet. Dann wird der Nachleitapparat 3 so eingestellt, daß der Arbeitspunkt A in einen der Pumpgrenze zugeordneten Arbeitsbereich a fällt, dessen Grenzen 8, 9 im Verdichterkennfeld durch einen vorgegebenen Mindestabstand MIN sowie einen vorgegebenen Maximalabstand MAX zur Pumpgrenze 6 definiert sind. Solange der Arbeitspunkt A sich innerhalb des Arbeitsbereiches a verändert, wird lediglich der Vorleitapparat 2 verstellt. Durch den beschriebenen Regelkreis 5 wird der Vorleitapparat so eingestellt, daß der Austrittsdruck P2 bei einer Änderung des Durchsatzes m einem vorgegebenen, konstanten Sollwert $P2_{soll}$ entspricht. Wenn der Arbeitspunkt A den zu der Nachleitapparatestellung NLA gehörenden Arbeitsbereich 6 verläßt, wird der Nachleitapparat 3 nachgestellt. Die Verstellung des Nachleitapparates 3 wird in vorgegebenen Schritten – im Ausführungsbeispiel in Schritten von 10% bezogen auf den maximalen Stellweg – vorgenommen, bis der zu der Pumpgrenze 6', 6" der neuen Nachleitapparatestellung gehörende Arbeitsbereich den Arbeitspunkt A erfaßt. Verringert sich beispielsweise der Durchsatz m durch den Radialverdichter 1 und wird der notwendige Sicherheitsabstand zur aktuellen Pumpgrenze 6 am Unterschreitungspunkt 8 unterschritten, wird der Nachleitapparat 3 um eine Stellung geschlossen. Mit der Verstellung des Nachleitapparates 3 verschiebt sich die Pumpgrenze nach links, wobei der Abstand des Arbeitspunktes A zur jetzt geltenden Pumpgrenze 6' wieder größer wird. Nimmt der Durchsatz m durch den Radialverdichter 1 zu und überschreitet der Arbeitspunkt A dabei den Überschreitungspunkt 9, wird der Nachleitapparat 3 um eine Stellung geöffnet, wobei sich die Pumpgrenze nach rechts verschiebt und der Abstand des Arbeitspunktes A zur aktuellen Pumpgrenze 6" wieder kleiner wird.

Die Festlegung der Pumpgrenzen 6, 6', 6" im Verdichterkennfeld wird anhand der **Fig. 2** verständlich. Die Pumpgrenzen der Vorleitapparatkennfelder 7 werden bei den extremen Nachleitapparatestellungen MAXNLA, MINNLA durch einen Versuchsbetrieb des Radialverdichters 1 ermittelt. Die Ermittlung der Pumpgrenzen MAXNLA, MINNLA erfolgt bei standardisierten Ansaugbedingungen. Unter Berücksichtigung der Meßwerte für die Eintrittstemperatur T1 und den Eintrittsdruck P1 werden die für die beiden Extremstellungen MAXNLA, MINNLA des Nachleitapparates 3 geltenden Pumpgrenzen im Verdichterkennfeld rechnerisch angepaßt. Die rechnerische Anpassung erfolgt unter Berücksichtigung der für polytrope oder isentrope Zustandsänderungen geltenden thermodynamischen Gleichungen. Die den Extremeinstellungen MAXNLA, MINNLA zugeordneten Pumpgrenzen werden durch Funktionen, vorzugsweise durch Geradengleichungen, im Verdichterkennfeld beschrieben. Die Koordinaten der Anfangspunkte $P1_{MAXNLA}$, $P1_{MINNLA}$ für die größte Winkelstellung des Vorleitapparates sowie die Koordinaten der Endpunkte $P2_{MAXNLA}$, $P2_{MINNLA}$ für die kleinste Winkelstellung des Vorleitapparates werden bestimmt. Die Pumpgrenzen 6, 6', 6" für die Zwischenstellungen des Nachleitapparates werden anschließend

rechnerisch im Verdichterkennfeld dadurch festgelegt, daß die Strecke zwischen den Anfangspunkten $P1_{MAXNLA}$, $P1_{MINNLA}$ und den Endpunkten $P2_{MAXNLA}$, $P2_{MINNLA}$ in Streckenabschnitte unterteilt werden, die den Zwischenstellungen NLA des Nachleitapparates 3 zugeordnet sind. Die Pumpgrenzen 6, 6', 6'' werden dann jeweils durch eine den Anfangs- und Endpunkt P1, P2 verbindende mathematische Funktion, im Ausführungsbeispiel einer Geradengleichung, im Verdichterkennfeld festgelegt.

Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens im Vergleich zu einem Verfahren nach dem Stand der Technik, bei dem lediglich die Stellung des Nachleitapparates 3 verändert wird und eine Steuerung des Vorleitapparates 2 unterbleibt, wird anhand der Fig. 4 verständlich. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 4 erfolgt eine Änderung des Arbeitspunktes von A1 nach A2 infolge einer Änderung des Durchsatzes m. Im Arbeitspunkt A1 sind die Vorleitschaufern des Vorleitapparates 2 mit größtmöglicher Winkelstellung eingestellt. Wird die Stellung des Vorleitapparates 2 beibehalten, entfernt sich der Arbeitspunkt bei einer Änderung des Durchsatzes m deutlich von der Pumpgrenze. Der Wirkungsgrad des Radialverdichters verschlechtert sich. Arbeitet man nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, so ergeben sich sowohl für den Nachleitapparat 3 als auch für den Vorleitapparat 2 neue Einstellungen, denen die strichpunktiert dargestellte Pumpgrenze 6 bzw. die strichpunktiert dargestellte Vorleitapparatekennlinie 10 zugeordnet sind. Man erkennt, daß der Arbeitspunkt im gesamten Regelbereich einen kleinen, günstigen Wirkungsgrad gewährleistenden Abstand zur Pumpgrenze einhält.

5

10

25

30

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Radialverdichters mit verstellbaren Vorleit- und Nachleitapparaten bei Änderungen des Arbeitspunktes im Verdichterkennfeld, bei dem

der Austrittsdruck und der Durchsatz durch den Radialverdichter gemessen und der Arbeitspunkt im Verdichterkennfeld bestimmt wird,

für vorgegebene Stellungen des Nachleitapparates die Pumpgrenze des Vorleitapparatekennfeldes im Verdichterkennfeld berechnet wird,

der Nachleitapparat so eingestellt wird, daß der Arbeitspunkt in einen der Pumpgrenze zugeordneten Arbeitsbereich fällt, dessen Grenzen im Verdichterkennfeld durch einen vorgegebenen Mindestabstand sowie einen vorgegebenen Maximalabstand zur Pumpgrenze definiert sind,

lediglich der Vorleitapparat verstellt wird, wenn der Arbeitspunkt sich innerhalb des Arbeitsbereiches verändert und

zusätzlich der Nachleitapparat nachgestellt wird, wenn der Arbeitspunkt den zu der Nachleitapparatestellung gehörenden Arbeitsbereich verläßt,

wobei die Verstellung des Nachleitapparates in vorgegebenen Schritten vorgenommen wird, bis der zu der Pumpgrenze der neuen Nachleitapparatestellung gehörende Arbeitsbereich den Arbeitspunkt erfaßt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in einem Regelkreis der Austrittsdruck als Regelgröße mit einem Sollwert verglichen wird und bei einer Abweichung des Austrittsdrucks von dem Sollwert die Stellung des Vorleitapparates als Stellglied des Regelkreises verändert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in einem Regelkreis der Durchsatz als Regelgröße mit einem Sollwert verglichen wird und bei einer Abweichung des Aus-

trittsdruckes von dem Sollwert die Stellung des Vorleitapparates als Stellglied des Regelkreises verändert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Eintrittstemperatur und der Eintrittsdruck auf der Saugseite des Radialverdichters gemessen werden und die den Nachleitapparatestellungen zugeordneten Pumpgrenzen im Verdichterkennfeld unter Berücksichtigung der Meßwerte für die Eintrittstemperatur und den Eintrittsdruck rechnerisch angepaßt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Pumpgrenzen der Vorleitapparatekennfelder für die beiden Extremstellungen ($MAXNLA$, $MINNLA$) des Nachleitapparates ermittelt werden, wobei die den Extremstellungen zugeordneten Pumpgrenzen durch Funktionen im Verdichterkennfeld beschrieben werden und die Koordinaten der Anfangspunkte ($P1_{MAXNLA}$, $P1_{MINNLA}$) für die größte Winkelstellung des Vorleitapparates sowie die Koordinaten der Endpunkte ($P2_{MAXNLA}$, $P2_{MINNLA}$) für die kleinste Winkelstellung des Vorleitapparates bestimmt werden und wobei die Pumpgrenzen für die Zwischenstellungen des Nachleitapparates rechnerisch im Verdichterkennfeld dadurch festgelegt werden, daß die Strecken zwischen den Anfangspunkten ($P1_{MAXNLA}$, $P1_{MINNLA}$) und den Endpunkten ($P2_{MAXNLA}$, $P2_{MINNLA}$) in Streckenabschnitte unterteilt werden, die den Zwischenstellungen des Nachleitapparates zugeordnet sind sowie die Anfangs- und Endpunkte der den Nachleitapparatestellungen zugeordneten Pumpgrenzen ($P1$, $P2$) definieren und die Pumpgrenzen jeweils durch eine den Anfangs- und Endpunkt ($P1$, $P2$) verbindende mathematische Funktion im Verdichterkennfeld festgelegt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Pumpgrenzen durch Geradengleichungen im Verdichterkennfeld beschrieben werden.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

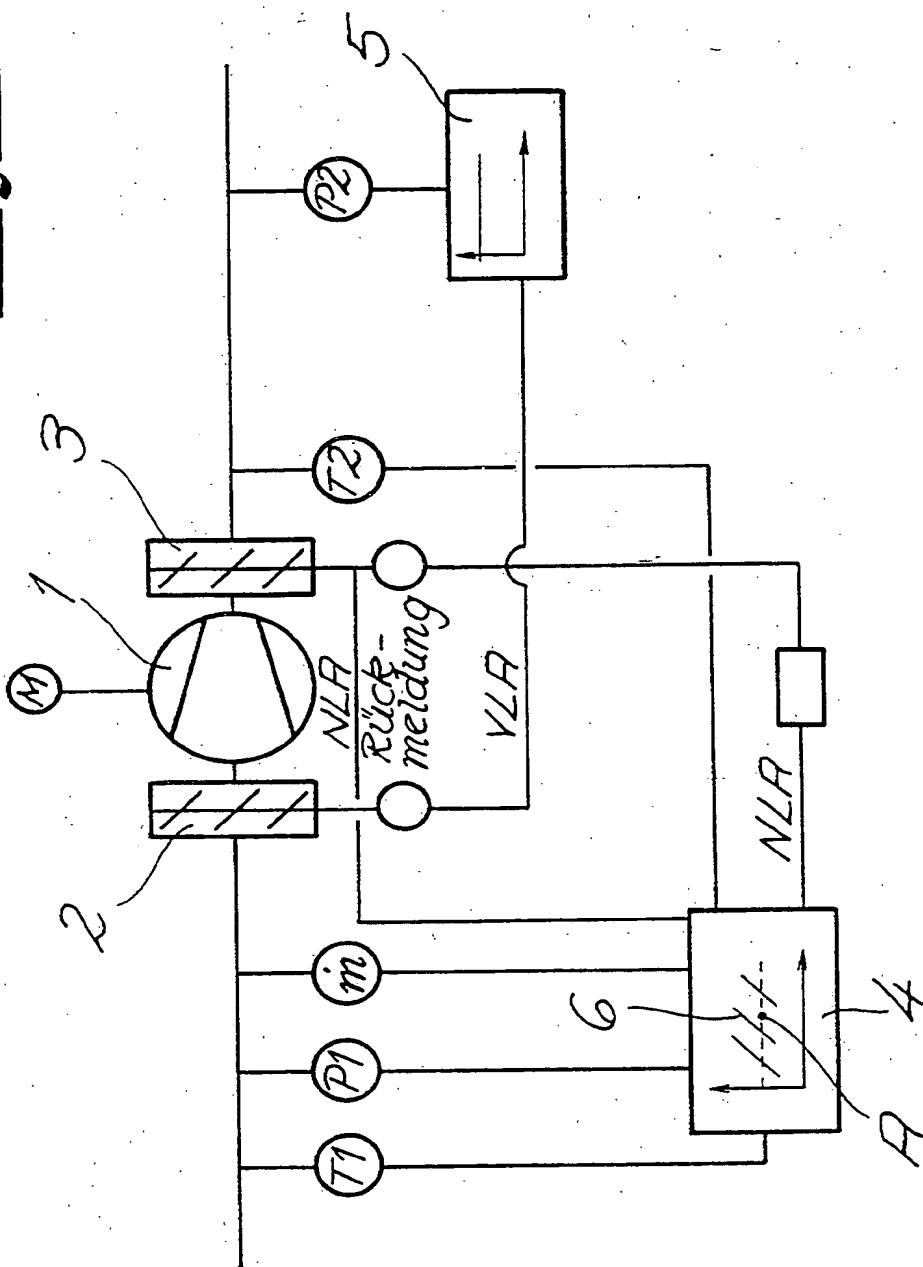


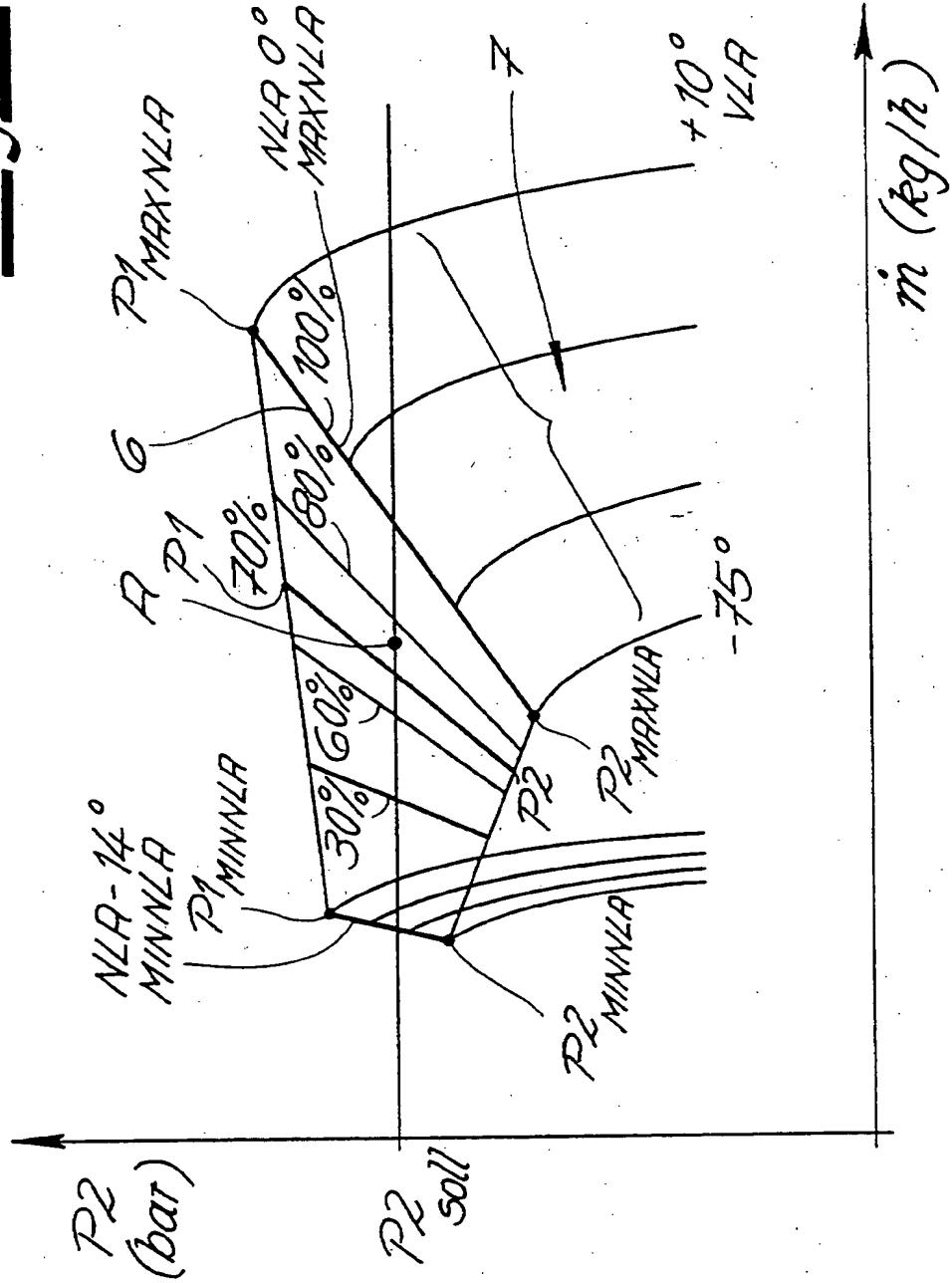
Fig. 2

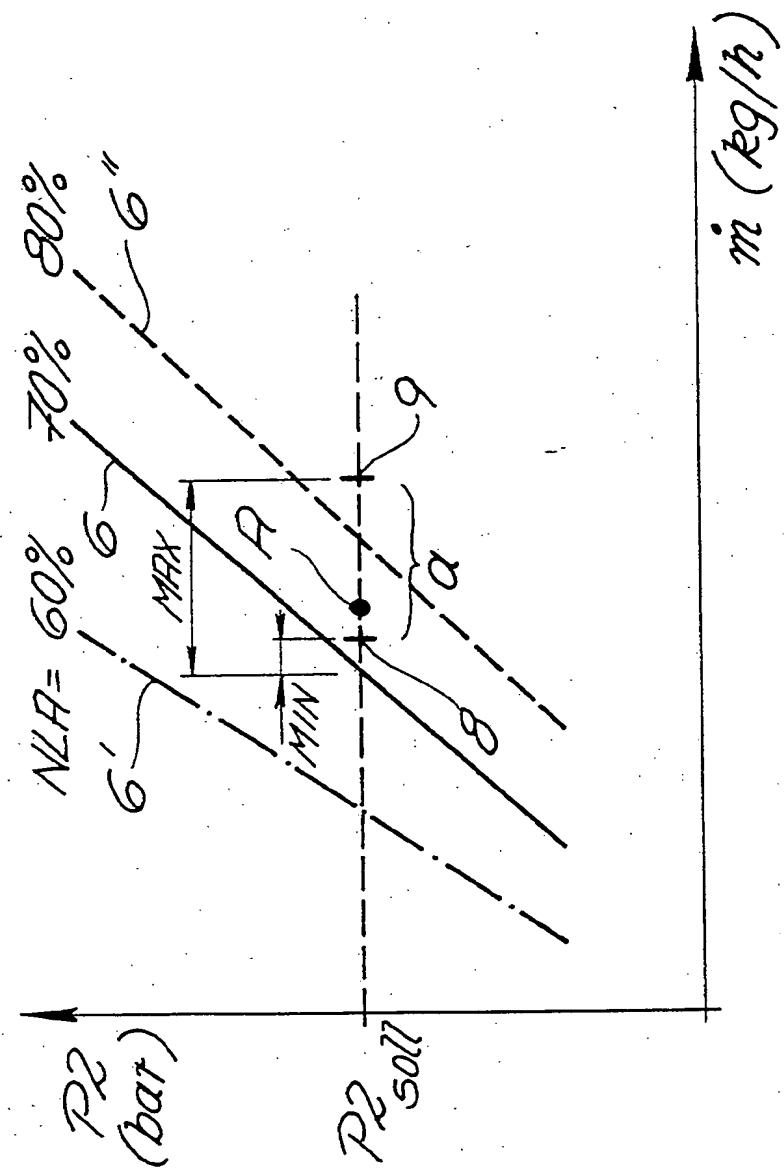
Fig. 3

Fig. 4